

## ДИНАМИКА RMSSD КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАММЫ У ЭЛИТНЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ В ТЕЧЕНИЕ ГОДИЧНОГО МАКРОЦИКЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА И ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК

Д.А. Катаев<sup>1</sup>, den.cataev2014@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8051-3521>  
В.И. Циркин<sup>2</sup>, esbartsirkin@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3467-3919>  
А.Н. Трухин<sup>3</sup>, trukhinandrey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7259-7078>  
С.И. Трухина<sup>3</sup>, trukhinasvetlana@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3888-1993>

<sup>1</sup> Федерация лыжных гонок Республики Татарстан, Казань, Россия

<sup>2</sup> Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, Казань, Россия

<sup>3</sup> Вятский государственный университет, Киров, Россия

**Аннотация.** Цель. Анализ динамики RMSSD на протяжении трех периодов макроцикла и зависимости RMSSD от длительности тренировочных нагрузок аэробного характера. **Материалы и методы.** Используя МДС «ВНС-Микро» («Нейрософт»), систематически проводили 5-минутную регистрацию клиностагической кардиоинтервалограммы (КИГ) у лыжника К.Д. (три периода) и у остальных членов команды (подготовительный и соревновательный периоды). Рассчитывали все показатели ВСР, включая RMSSD. У лыжника К.Д. фиксировали объем тренировочных нагрузок ( $V_{км}$ ,  $V_{мин}$ ) и их интенсивность (по частоте рабочего пульса, ЧСС<sub>р.п.</sub>). **Результаты.** Медиана RMSSD у лыжника К.Д. была максимальна в подготовительном периоде (108 мс), ниже – в соревновательном (101 мс,  $p < 0,05$ ) и в переходном (96 мс) периодах; у команды РТ в подготовительном периоде она была выше, чем в соревновательном (110 мс против 96 мс,  $p < 0,05$ ). Все это говорит об относительной стабильности величины RMSSD в отличие от спектральных показателей ВСР у элитных лыжников на протяжении сезона и о формировании тревожности в соревновательном периоде. У лыжника К.Д. медиана RMSSD положительно зависела от длительности нагрузки, выполняемой при ЧСС<sub>р.п.</sub>, равной 120–121 уд./мин, что характерно в целом по всему сезону (коэффициент Спирмена  $r = 0,15$ ). **Заключение.** Постулируется, что у элитных лыжников формируется антиапоптическая система миокарда, одним из компонентов которой является ненейрональный ацетилхолин. Не исключено, что медиана RMSSD отражает его синтез.

**Ключевые слова:** лыжники-гонщики, вариабельность сердечного ритма, RMSSD, периоды тренировочного макроцикла, ненейрональный ацетилхолин, антиапоптическая система

**Для цитирования:** Динамика RMSSD кардиоинтервалограммы у элитных лыжников-гонщиков в течение годового макроцикла в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, А.Н. Трухин, С.И. Трухина // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 48–56. DOI: 10.14529/hsm240406

## DYNAMIC ANALYSIS OF RMSSD IN ELITE CROSS-COUNTRY SKIERS THROUGHOUT THE ANNUAL MACROCYCLE: IMPACT OF TRAINING VOLUME AND INTENSITY

D.A. Kataev<sup>1</sup>, den.cataev2014@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8051-3521>

V.I. Tsirkin<sup>2</sup>, esbartsirkin@list.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3467-3919>

A.N. Trukhin<sup>3</sup>, trukhinandrey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7259-7078>

S.I. Trukhina<sup>3</sup>, trukhinasvetlana@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3888-1993>

<sup>1</sup> Cross-Country Ski Federation of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

<sup>2</sup> Kazan State Medical University, Kazan, Russia

<sup>3</sup> Vyatka State University, Kirov, Russia

**Abstract. Aim.** This paper aims to investigate the dynamic changes in RMSSD throughout the three phases of the annual macrocycle in elite cross-country skiers, focusing on its relationship with training volume and intensity. **Materials and methods.** This study enrolled elite cross-country skiers during preparatory and competitive phases, including one individual, who was studied in detail over three phases. A 5-minute clinostatic test was performed using VNS-Micro MDS (Neurosoft). RMSSD and other HRV measurements were obtained. Training volume ( $V_{km}$ ,  $V_{min}$ ) and intensity (based on working pulse and average heart rate) were recorded for individual K.D. **Results.** For individual K.D., median RMSSD was highest during the preparatory period (108 ms), followed by a decrease in the competitive period (101 ms,  $p < 0.05$ ) and further reduction in the transition period (96 ms). The team's median RMSSD showed a similar pattern, with higher values during the preparatory period (110 ms) compared to the competitive period (96 ms,  $p < 0.05$ ). Our findings indicate a stable RMSSD value relative to spectral HRV indicators, suggesting the potential development of anxiety in elite skiers. For skier K.D., a positive correlation between RMSSD and training duration at a heart rate of 120–121 beats per minute was recorded, which was typical of the entire season (Spearman's coefficient  $r = 0.15$ ). **Conclusion.** These results suggest that elite skiers develop an anti-apoptotic myocardial system, potentially involving non-neuronal acetylcholine. The median RMSSD may serve as a measure for its synthesis.

**Keywords:** cross-country skiers, heart rate variability, RMSSD, training macrocycle, non-neuronal acetylcholine, anti-apoptotic system

**For citation:** Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamic analysis of RMSSD in elite cross-country skiers throughout the annual macrocycle: impact of training volume and intensity. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):48–56. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240406

**Введение.** Рабочей группой Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии (ЕКО и NASPLE) рекомендовано использовать ряд временных и спектральных показателей ВСП [7], в том числе общую мощность спектра (TP), абсолютную мощность HF-, LF-, VLF-волн, относительную мощность HF-, LF- и VLF-волн, выраженную в процентах к TP, т. е. HF %, LF % и VLF %. Ранее мы подтвердили (рис. 1) [1], что эти показатели, зарегистрированные в условиях клиностаза, отражают влияние парасимпатического отдела (ПО), и высказали предположение, что величина VLF% отражает интенсивность синтеза кардиомиоцитами НН-АХ, т. е. ненеуронального ацетилхолина [1, 2],

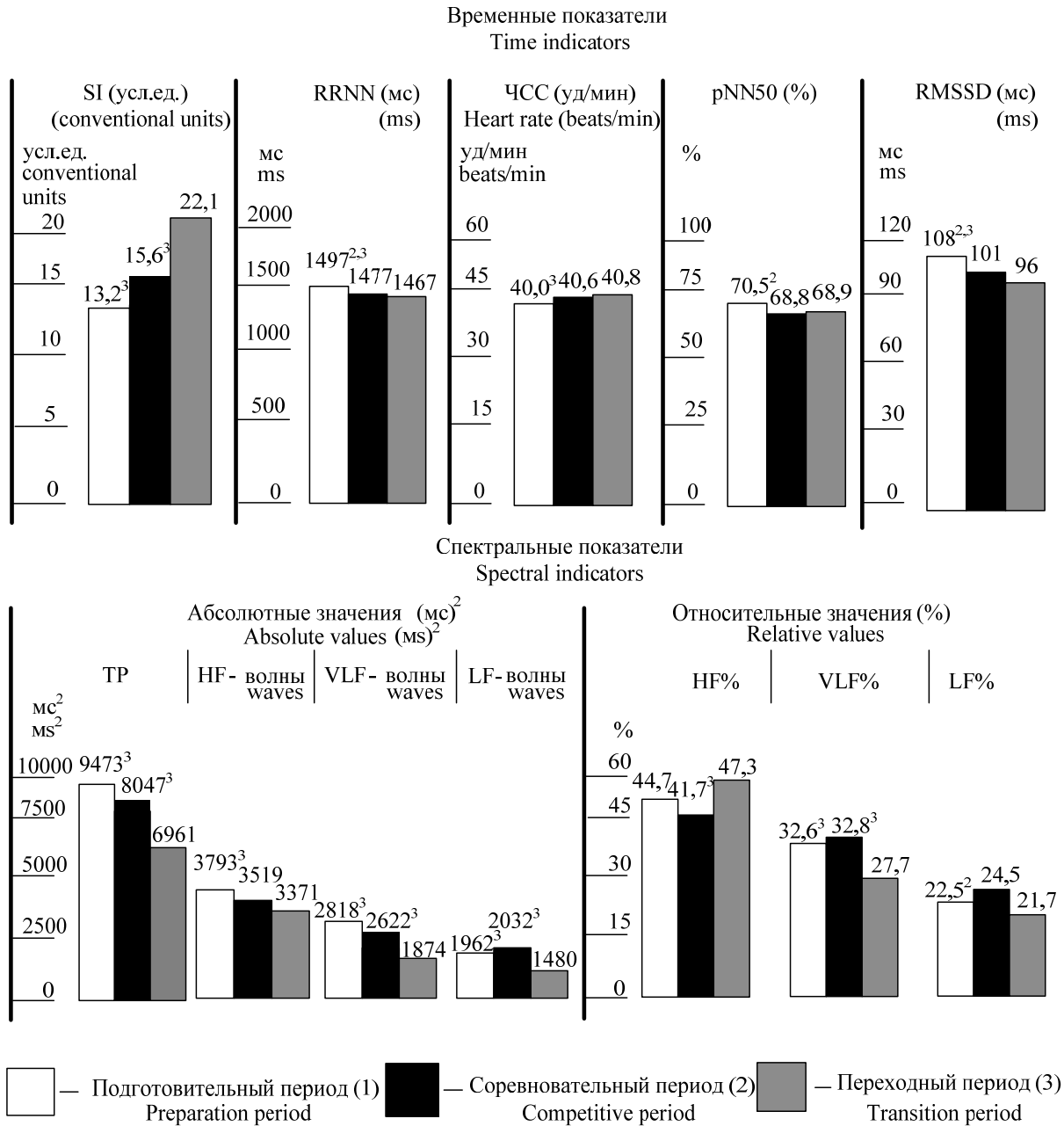
а величины HF% и LF% отражают тревожность, формирующуюся в соревновательном периоде [1].

Из временных показателей ВСП нами рассмотрены SI, RRNN, pNN50 % (см. рис. 1). Их анализ подтвердил, что для элитных лыжников характерна высокая активность ПО, а тип вегетативной регуляции сердечной деятельности у элитных лыжников-гонщиков не меняется на протяжении всего годовичного цикла и оценивается как выраженная автономная регуляция, судя по критериям, предложенным в [9].

Данная статья является продолжением серии статей [1, 2], основанных на результатах исследования элитного лыжника-гонщика К.Д. (мастера спорта) и ещё 7 членов сборной команды Республики Татарстан, проведенно-

го на протяжении 2019–2020 годов. **Целью данной статьи является** анализ динамики RMSSD на протяжении трех периодов макроцикла и зависимости RMSSD от длительности тренировочных нагрузок аэробного характера, где RMSSD – это квадратный корень из сред-

него квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN. RMSSD отражает влияние ПО на ритм сердца, а его величина при доминировании симпатического отдела (CO) уменьшается, а при доминировании ПО – возрастает [8].



**Рис. 1.** Динамика медиан SI, RRNN/ЧСС, pNN50%, RMSSD BCP, а также спектральных показателей TP, абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности, т. е. HF%, VLF%, LF% у элитного лыжника-гонщика К.Д. в течение годового макроцикла (цифры в индексе означают статистическую значимость различий с соответствующим периодом по критерию Манна – Уитни,  $p < 0,05$ ). Сведения о величинах абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности, т. е. HF %, VLF %, LF % у элитного лыжника-гонщика К.Д. взяты из наших статей [1, 2]

**Fig. 1.** Temporal evolution of HR indices and spectral indicators in elite skier K.D. throughout the annual macrocycle: SI, RRNN/HR, pNN50%, RMSSD HRV, TP, absolute power of HF-, VLF-, and LF-waves and their relative values (statistical significance of differences between periods is indicated by the corresponding number,  $p < 0,05$ , Mann – Whitney test). Information about the absolute power of HF-, VLF-, and LF-waves and their relative values is taken from our articles [1, 2]

**Материалы и методы.** Поскольку методика исследования детально изложена в наших статьях [1, 2], здесь отметим лишь, что исследование проводили с марта 2019 г. по июнь 2020 г. у спортсмена К.Д. (МС, 27 лет), первого автора статьи, и с июня 2019 г. по февраль 2020 г. у остальных 7 членов сборной Республики Татарстан (5 МС и 2 МСМК). Возраст спортсменов варьировал от 23 до 31 года. КИГ регистрировали на учебно-тренировочных сборах (УТС) или после дня соревнования на протяжении подготовительного и соревновательного периодов (К.Д. и команда РТ), а также в переходный период (только у К.Д.). 5-минутную регистрацию КИГ проводили в положении лежа (в комфортных условиях, до завтрака) с помощью МДС «ВНС-Микро» («Нейрософт», г. Иваново). С использованием программы «Поли-спектр» («Нейрософт») рассчитывали все параметры ВСР, в том числе показатель RMSSD. Объем тренировочной нагрузки у спортсмена К.Д. оценивали в мин/за тренировку ( $V_{мин}$ ) и в километрах бега на лыжах, роликовых лыжах или кроссового бега за тренировку ( $V_{км}$ ). Оценку мощности тренировочных нагрузок ( $N_{ЧСС}$ ) проводили по значениям рабочего пульса ( $ЧСС_{р.п.}$ ), т. е. по средней дистанционной ЧСС, регистрируемой на каждой тренировке с помощью пульсометра POLAR 430, оснащенного GPS-датчиком (Финляндия). Все показатели, т. е. RMSSD,  $V_{км}$ ,  $V_{мин}$  и  $ЧСС_{р.п.}$ , рассчитывали для каждого месяца годовичного макроцикла и в целом для каждого из трех периодов лыжного сезона на основании анализа данных по каждому дню тренировочных нагрузок текущего месяца, выражая соответствующий показатель в виде медианы, 25 и 75 центилей [3]. Различия между показателями оценивали с помощью критерия Манна – Уитни [3], считая их статистически значимыми при  $p < 0,05$ , используя программу BioStat2009 Professional. 5.9.8. (фирма AnalystSoft). С ее помощью для каждого периода и в целом для годовичного макроцикла рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена [3] для зависимости значений RMSSD от объема ( $V_{км}$  и  $V_{мин}$ ) нагрузки, выполняемой в аэробном режиме.

Имеется решение этического комитета Вятского государственного университета от 11.01.2022 года, № 2.

**Результаты.** Объем тренировочных нагрузок у лыжника-гонщика К.Д., выраженный

в км дистанции за тренировку ( $V_{км}$ ), в подготовительный период (21 км при вариации от 15,7 до 25,2 км) был значимо выше ( $p < 0,05$ ), чем в соревновательном периоде (19 км при вариации от 10,7 до 21,5 км), но не отличался от переходного периода (18 км при вариации от 13,5 до 20,4 км (табл. 1). Объем нагрузки, выраженный в мин/за тренировку ( $V_{мин}$ ), был примерно одинаков (различия между периодами были незначимы) – в подготовительном периоде он составил 106 мин при вариации от 84 до 129 мин, в соревновательном – 82 мин при вариации от 61 до 94 мин, а в переходный период – 105 мин при вариации от 101 до 119 мин (см. табл. 1). Мощность тренировочной нагрузки ( $N_{ЧСС}$ ), судя по медиане  $ЧСС_{р.п.}$ , была относительно постоянной – в подготовительном, соревновательном и переходном периодах она составила соответственно 121, 121 и 120 уд./мин. (см. табл. 1).

Установлено, что у К.Д. медиана RMSSD на протяжении спортивного сезона менялась от 95 до 119 мс (см. табл. 1), но в целом в подготовительном периоде она составила 108 мс, в соревновательном периоде – 101 мс, а в переходном периоде – 96 мс, т. е. оставалась на уровне 96–108 мс. Различия подготовительного периода (108 мс) с соревновательным (101 мс) и переходным (96 мс) периодами были значимы ( $p < 0,05$ ); остальные различия были незначимы ( $p > 0,05$ ) (см. табл. 1; рис. 1). Это означает, что у К.Д. в течение всего сезона медиана RMSSD была относительно стабильной. Показано (рис. 2), что у 8 членов сборной команды РТ, включая К.Д., в подготовительном периоде медиана RMSSD была значимо ( $p < 0,05$ ) выше, чем в соревновательном периоде, – соответственно 110 мс (92/135) и 96 мс (86/105). Это говорит о том, что у всех членов сборной команды РТ, в том числе и у К.Д., величина RMSSD остается относительно стабильной, а ее снижение в соревновательном периоде мы расцениваем как отражение повышения активности СО вследствие формирования тревожности, что улавливается при регистрации КИГ в условиях клиностаза.

Стабильность величины показателя RMSSD наблюдается и на протяжении мезоцикла (УТС). Анализ данных, полученных при регистрации КИГ на семи УТС подготовительного периода, показал, что у К.Д. медиана и центили RMSSD в начале УТС составили 117 (104/120 мс), в середине УТС –

Медиана, 25 и 75 центилей показателя RMSSD (по данным кардиоинтервалографии, зарегистрированной в условиях клиностаза), а также объем ( $V_{км}$ ,  $V_{мин}$ ) и интенсивность ( $N_{чсс}$ ) тренировочных и соревновательных нагрузок по месяцам годового макроцикла у элитного лыжника К.Д.

Median, 25th and 75th centiles of RMSSD (according to cardiointervalography data recorded in clinostasis), as well as volume ( $V_{км}$ ,  $V_{мин}$ ) and intensity ( $N_{HR}$ ) of training and competitive loads by months of the annual macrocycle for elite skier K.D.

Месяц и год Month and year	RMSSD мс / ms	Объем (V) и интенсивность (N) тренировочных и соревновательных нагрузок Volume (V) and intensity (N) of training and competitive loads		
		$V_{км}$ , км/тренинг $V_{км}$ , km/training	$V_{мин}$ , мин/тренинг $V_{мин}$ , min/training	$N_{чсс}$ , уд./мин $N_{HR}$ , beats/min
Соревновательный период / Competitive period				
03.19	105 (100/125)	21,5 (14/25)	93 (65/109)	124 (119/131)
04.19	110 (106/112)	14,8 (9/23)	61 (45/90)	112 (106/123)
Переходный период / Transition period				
05.19	110 (86/117)	15,5 (9/24)	101 (72/146)	124 (112/130)
Подготовительный период / Preparation period				
06.19	119 (108/132)	22,5 (18/38)	122 (104/158)	125 (115/130)
07.19	114 (106/121)	25,2 (12/44)	124 (103/166)	122 (111/125)
08.19	119 (103/126)	20,6 (13/31)	129 (90/154)	117 (112/131)
09.19	100 (95/117)	21,7 (12/28)	100 (83/133)	115 (110/124)
10.19	118 (99/122)	15,7 (9/23)	91 (71/120)	122 (109/131)
11.19	99 (91/108)	18,7 (13/23)	84 (63/106)	125 (117/133)
Соревновательный период / Competitive period				
12.19	99 (97/111)	21,5 (14/26)	88 (64/121)	118 (114/128)
01.20	95 (87/108)	18,6 (11/23)	72 (50/101)	124 (113/136)
02.20	96 (87/99)	15,8 (12/22)	79 (53/93)	123 (114/159)
03.20	106 (105/106)	20,2 (15/22)	94 (82/107)	115 (105/123)
Переходный период / Transition period				
04.20	95 (89/98)	13,5 (11/30)	92 (81/117)	113 (104/123)
05.20	100 (91/108)	18,7 (15/60)	119 (87/151)	119 (112/125)
06.20	100 (91/108)	20,4 (16/42)	111 (93/142)	120 (118/125)
В целом за подготовительный (1), соревновательный (2) и переходный (3) периоды In total for the preparation (1), competitive (2), and transitional (3) periods				
1	108 (97/120)	21 (13/31)	106 (80/145)	121 (112/130)
2	101 (94/111)	19 (12/25)	82 (61/106)	121 (111/130)
3	96 (91/107)	18 (12/37)	105 (85/142)	120 (112/126)
$P < 0,05$	1–2; 1–3	1–2	$p > 0,05$	$p > 0,05$

*Примечание.* Символ «–» означает, что различия между периодами (1, 2 и 3) статистически незначимы,  $p > 0,05$ .

*Note.* The “–” symbol means that the differences between periods (1, 2 and 3) are statistically insignificant,  $p > 0.05$ .

118 (107/119) мс, а в конце UTC – 98 (93/113) мс, но все эти изменения были незначимы ( $p > 0,05$ ). Это подтверждает вывод о стабильности медианы RMSSD на протяжении сезона у элитных лыжников.

Для К.Д. установлено, что медиана RMSSD возрастает с повышением длительности тренировочных нагрузок, интенсивность которых, судя по ЧСС<sub>р.п.</sub>, равна 120–121 уд./мин.

Эта зависимость отмечена в целом для всего сезона – коэффициент Спирмена составил 0,15. Но выявить подобную зависимость медианы RMSSD для отдельных периодов, а также выявить ее зависимость от объема нагрузки, выраженной в км/тренировку ( $V_{км}$ ), не удалось (табл. 2). Положительную зависимость величины RMSSD от объема аэробной нагрузки выявили и другие авторы [8].

**Обсуждение.** Нами показано, что у элитного лыжника-гонщика К.Д. динамика величины RMSSD, в отличие от спектральных показателей (TP, HF-, LF-, VLF-волн), стабильна на протяжении всего макроцикла (см. рис. 1). Статистически значимое снижение в соревновательный период мы расцениваем как следствие формирования эмоционального стресса в период стартов, что ранее мы отметили в отношении показателей HF %, LF % [1], и RRNN (см. табл. 1). Стабильность медианы RMSSD подтверждают и данные о величине RMSSD у К.Д. в начале, середине и конце УТС, проведенные в подготовительном периоде.

Из табл. 2 видно, что для всех анализируемых нами спектральных показателей ВСП выявить зависимость от длительности аэробной нагрузки не удалось. В то же время она выявляется для ряда временных показателей ВСП. Это означает, что у элитных лыжников временные показатели ВСП лучше отражают зависимость от длительности тренировок, чем спектральные показатели. Из табл. 2 также следует, что величины ряда спектральных и временных показателей ВСП у К.Д. зависят от объема аэробной нагрузки, выраженной в км

дистанции, выполняемой при «рабочем пульсе», равном 120–121 уд./мин. Все это означает, что у элитных лыжников-гонщиков спектральные и временные показатели ВСП по-разному отражают зависимость от объема аэробных тренировочных нагрузок и поэтому требуют дальнейшего исследования.

Ранее мы предположили [1, 2], что при тренировках на выносливость формируется антиапоптотическая система миокарда, одним из компонентов которой является ненейрональный АХ (НН-АХ), так как, согласно данным литературы, АХ обладает антиоксидантной, противовоспалительной и антиапоптотической активностью [6], в основе которой лежит способность АХ за счет активации M<sub>3</sub>-XP или альфа<sub>7</sub>-H-XP активировать транскрипционный фактор Nrf-2 [5, 6]. Несомненно, что наше предположение о формировании антиапоптотической системы миокарда и о способности кардиомиоцитов продуцировать НН-АХ требует доказательств, например, оценить параметры ВСП элитных лыжников одновременно с оценкой состояния системы синтеза ненейронального АХ, в том числе активности холинацетилтрансферазы, транс-

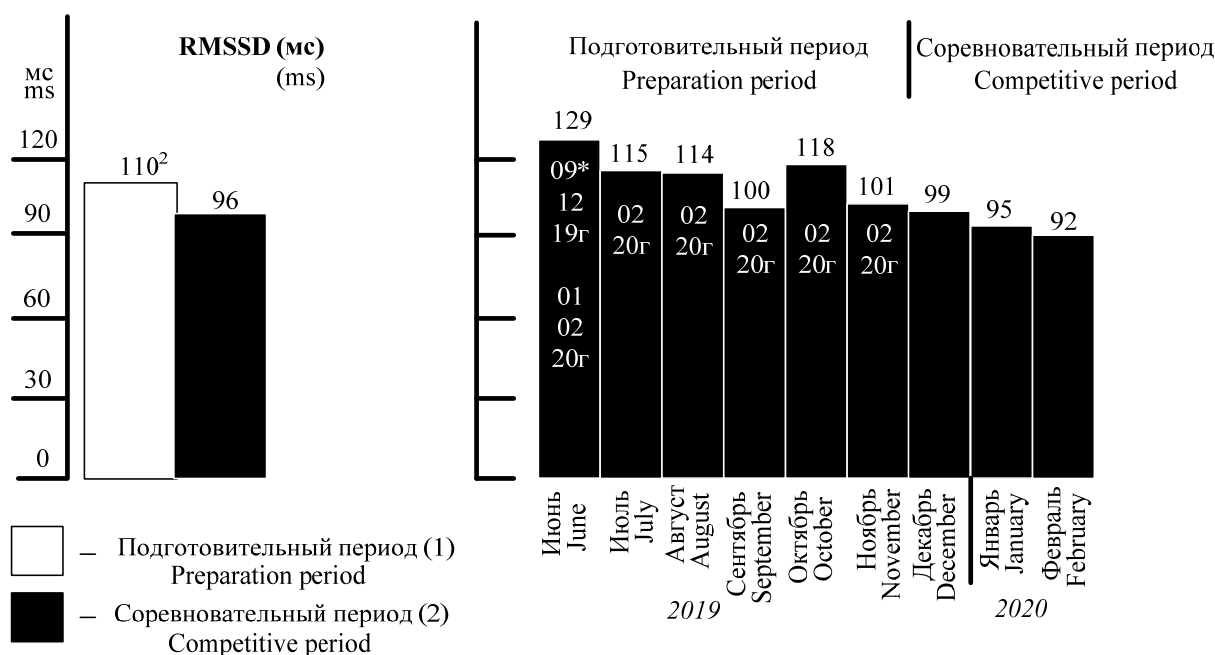


Рис. 2. Динамика медианы RMSSD в подготовительном (1) и соревновательном (2) периодах (соответственно – 1-й, 2-й столбцы), а также по месяцам у 8 лыжников-гонщиков команды Татарстана. <sup>2</sup> – означает, что различия с соревновательным (2) периодом статистически значимы по критерию Манна – Уитни,  $p < 0,05$ ; 02\* – числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо

(по критерию Манна – Уитни, т. е.  $p < 0,05$ ) отличается по значениям RMSSD

Fig. 2. Evolution of RMSSD values in the preparatory (1) and competitive (2) periods (1st and 2nd columns, respectively) and by months in 8 cross-country skiers from Tatarstan. <sup>2</sup> indicates statistically significant differences compared to the competitive period, ( $p < 0.05$ , Mann – Whitney test); 02\* within columns represent months with statistically significant ( $p < 0.05$ , Mann – Whitney test) differences in RMSSD values

Коэффициент Спирмена для зависимости соответствующего показателя ВСР от объема ( $V_{\text{км/тренин}}$ ;  $V_{\text{мин/тренин}}$ ) и мощности (ЧСС<sub>раб</sub>) тренировочных и соревновательных нагрузок в подготовительном (Подг), соревновательном (Сор) и переходном (Пер) периодах и в целом для годового макроцикла (Сезон) у спортсмена К.Д.  
Spearman's correlation coefficients for HRV indicators and training and competition parameters ( $V_{\text{км/тренин}}$ ;  $V_{\text{мин/тренин}}$ , HR<sub>work</sub>) in the preparatory (Prep), competitive (Com), and transition (Tran) periods and in total for the annual macrocycle (Season) for athlete K.D.

Показатель Parameter	Объем нагрузки Training volume							
	$V_{\text{(км/тренин)}} / V_{\text{(km/training)}}$				$V_{\text{(мин/тренин)}} / V_{\text{(min/training)}}$			
	Периоды подготовки / Training periods							
	Подгот. Prep.	Соревн. Com.	Переходн. Tran.	Сезон Season	Подгот. Prep.	Соревн. Com.	Переходн. Tran.	Сезон Season
Объем нагрузки, V Training volume, V	21 (13/31)	19 (12/25)	18 (12/37)	20,2 (12/26)	106 (80/145)	82 (61/106)	105 (85/142)	95 (70/125)
ЧСС раб, уд./мин Heart rate, bpm	121 (112/130)	121 (111/130)	120 (112/126)	121 (112/129)	121 (112/130)	121 (111/130)	120 (112/126)	121 (112/129)
TP, $\text{мс}^2 / \text{мс}^2$	0,04	0,08	0,16	<b>0,18*</b>	-0,06	0,07	-0,03	0,12
HF, $\text{мс}^2 / \text{мс}^2$	-0,01	0,07	0,11	0,12	0,00	0,12	0,04	0,12
LF, %	-0,17	0,06	0,11	0,00	-0,11	0,10	0,10	0,01
VLF, %	<b>0,24*</b>	0,05	-0,17	0,12	0,00	-0,02	-0,16	0,02
SI, усл. ед. / с. у.	-0,10	0,03	0,14	<b>-0,17*</b>	-0,05	-0,01	0,20	<b>-0,20*</b>
RRNN, мс / ms	<b>0,23*</b>	-0,18	0,14	<b>0,15*</b>	<b>0,26*</b>	<b>-0,25*</b>	0,23	<b>0,18*</b>
pNN50, %	0,00	-0,04	-0,01	0,02	0,00	0,03	-0,07	0,02
RMSSD, мс / ms	0,14	-0,04	-0,07	0,12	0,16	0,02	-0,16	<b>0,15*</b>
LF, %	-0,17	0,06	0,11	0,00	-0,11	0,10	0,10	0,01
VLF, %	<b>0,24*</b>	0,05	-0,17	0,12	0,00	-0,02	-0,16	0,02
SI, усл. ед. / с. у.	-0,10	0,03	0,14	<b>-0,17*</b>	-0,05	-0,01	0,20	<b>-0,20*</b>

*Примечание.* Символ «\*» означает, что значение коэффициента Спирмена статистически значимо ( $p < 0,05$ ). Данные по спектральным и временным показателям рассчитаны по результатам клиностатической КИГ лыжника К.Д. в сезонах 2019–2020 годов.

*Note.* “\*” statistically significant differences ( $p < 0.05$ , Spearman's correlation coefficient). Spectral and temporal values were calculated based on the results of the clinostatic test for skier K.D. in the 2019–2020 seasons.

портера холина-1, везикулярного транспортера АХ и состояния митохондрий как основных источников синтеза АХ, т. е. холина и ацетила [6].

Тот факт, что высокие спортивные показатели у спортсменов на выносливость коррелируют с ростом значений RMSSD [8], а перетренированность спортсмена проявляется в снижении величины RMSSD [4], позволяет предположить, что наряду с такими ранее отмеченными нами показателями ВСР, как TP, мощность VLF-волн [1, 2], а также RRNN и pNN50% (см. табл. 2), величина RMSSD отражает формирование синтеза НН-АХ кардиомиоцитами желудочков сердца под влиянием тренировок, которые особенно характерны для подготовительного периода.

### Выводы

1. Величина RMSSD в течение всего макроцикла у лыжника-гонщика К.Д. относительно стабильна, тем не менее в подготовительный период (108 мс) она максимальна, в со-

ревателный период (101 мс) снижается ( $p < 0,05$ ) и практически остается на этом уровне в переходный период (96 мс); аналогично у 8 членов сборной Татарстана в подготовительный период медиана RMSSD составила 110 мс, а в соревновательный – 96 мс ( $p < 0,05$ ). Это дает основание говорить об относительной стабильности величины RMSSD у элитных лыжников на протяжении сезона и о формировании тревожности в соревновательном периоде.

2. У лыжника К.Д. медиана RMSSD положительно зависит от длительности нагрузки, выполняемой в аэробном режиме, что характерно в целом по всему лыжному сезону (коэффициент Спирмена  $r = 0,15$ ).

3. Постулируется, что у элитных лыжников формируется антиапоптическая система миокарда, одним из компонентов которой является нейрональный ацетилхолин. Не исключено, что медиана RMSSD отражает его синтез.

### Список литературы

1. Динамика TP-, HF-, LF- и VLF-волн кардиоинтервалограммы (в условиях клиностаза) элитного лыжника-гонщика в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, Н.С. Завалин, М.А. Морозова, С.И. Трухина, А.Н. Трухин // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, № 5. – С. 87–100.
2. Природа общей мощности спектра и очень низкочастотных волн кардиоинтервалограммы с позиций адаптации организма человека к двигательной активности (обзор) / Д.А. Катаев, В.И. Циркин, В.В. Кишкина и др., С.И. Трухина, А.Н. Трухин // Журнал мед.-биол. исследований. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 95–107.
3. Стентон, Г. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. / Г. Стентон. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
4. Daily resting heart rate variability in adolescent swimmers during 11 weeks of training / S. Kamandulis, A. Juodsnukis, J. Stanislovaitiene et al. // Int. J. Environ. Res. Public. Health. – 2020. – Vol. 17, no. 6. – P. 2097. DOI: 10.3390/ijerph17062097
5. Kakinuma, Y. Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions / Y. Kakinuma // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22, no. 2. – Art. № 545. DOI: 10.3390/ijms22020545
6. Non-neuronal cholinergic system delays cardiac remodelling in type 1 diabetes / P.E. Munasinghe, E.L. Saw, M. Reily-Bell et al. // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, no. 6. – Art. e17434.
7. Perek, S. Heart rate variability: the age-old tool still remains current / S. Perek, A. Raz-Pasteur // Harefuah. – 2021. – Vol. 160, no. 8. – P. 533–536.
8. Schmitt, L. Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade / L. Schmitt, S. Bouthiaux, G.P. Millet // Int. J. Sports. Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 16, no. 6. – P. 900–905. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0148
9. Shlyk, N.I. Management of athletic training with consideration of individual heart rate variability characteristics / N.I. Shlyk // Human Physiology. – 2016. – Vol. 42, no. 6. – P. 81.

### References

1. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Zavalin N.S. et al. [Dynamics of TP-, HF-, LF- and VLF-waves of the Cardiointervalogram (in Conditions of Clinostasis) of an Elite Skier-racer in the Preparatory, Competitive and Transitional Periods Depending on the Volume and Intensity of Training Loads]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2023, vol. 49, no. 5, pp. 87–100. (in Russ.) DOI: 10.31857/S0131164623700303
2. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V. et al. [The Nature of the Total Power of the Spectrum and Very Low-frequency Waves of the Cardiointervalogram from the Standpoint of Adaptation of the Human Body to Physical Activity (Review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2023, vol. 11, no. 1, pp. 95–107. (in Russ.)
3. Stenton G. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medico-biological Statistics]. Moscow, Practice Publ., 1998. 459 p.
4. Kamandulis S., Juodsnukis A., Stanislovaitiene J. et al. Daily Resting Heart Rate Variability in Adolescent Swimmers During 11 Weeks of Training. *International Journal Environment Research Public. Healthcare*, 2020, vol. 17, no. 6, p. 2097. DOI: 10.3390/ijerph17062097
5. Kakinuma Y. Characteristic Effects of the Cardiac Non-neuronal Acetylcholine System Augmentation on Brain Functions. *International Journal Mol. Science*, 2021, vol. 22, no. 2, 545. DOI: 10.3390/ijms22020545
6. Munasinghe P.E., Saw E.L., Reily-Bell M. et al. Non-neuronal Cholinergic System Delays Cardiac Remodelling in Type 1 Diabetes. *Heliyon*, 2023, vol. 9, no. 6, e17434. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17434
7. Perek S., Raz-Pasteur A. Heart Rate Variability: the Age-old Tool Still Remains Current. *Harefuah*, 2021, vol. 160, no. 8, pp. 533–536.



8. Schmitt L., Bouthiaux S., Millet G.P. Eleven Years' Monitoring of the World's Most Successful Male Biathlete of the Last Decade. *International Journal Sports. Physiology Performance*, 2020, vol. 16, no. 6, pp. 900–905. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0148

9. Shlyk N.I. Management of Athletic Training with Consideration of Individual Heart Rate Variability Characteristics. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 6, p. 81. DOI: 10.1134/S0362119716060189

**Информация об авторах**

**Катаев Денис Анатольевич**, мастер спорта России по лыжным гонкам, Федерация лыжных гонок Республики Татарстан, Казань, Россия.

**Циркин Виктор Иванович**, доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник института нейронаук, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

**Трухин Андрей Николаевич**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

**Трухина Светлана Ивановна**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

**Information about the authors**

**Denis A. Kataev**, Master of Sports of Russia (cross-country skiing), Cross-Country Ski Federation of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia.

**Viktor I. Tsirkin**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Senior Researcher, Institute of Neurosciences, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

**Andrey N. Trukhin**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University, Kirov, Russia.

**Svetlana I. Trukhina**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University, Kirov, Russia.

**Вклад авторов:**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:**

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 14.03.2024**

**The article was submitted 14.03.2024**